

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
2. Oktober 2003 (02.10.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/081308 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G02B 6/255**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE03/00949

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. März 2003 (21.03.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 12 716.6 21. März 2002 (21.03.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **CCS TECHNOLOGY, INC.** [US/US]; 103 Foulk
Road, Wilmington, DE 19803 (US).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **RUEGENBERG,**

Gervin [DE/DE]; Senftenauer Strasse 117, 80689
München (DE).

(74) Anwalt: **EPPING HERMANN FISCHER PATEN-
TANWALTSGESELLSCHAFT MBH**; Ridlerstrasse 55,
80339 München (DE).

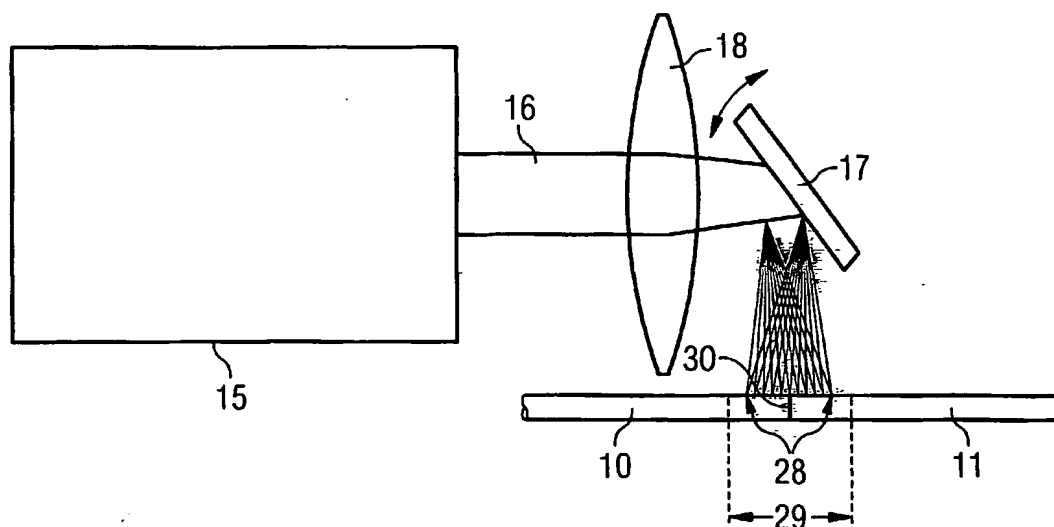
(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,
LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,
MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR SPLICING OPTICAL WAVEGUIDES

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM SPLEISSEN VON LICHTWELLENLEITERN



(57) Abstract: For the thermal splicing of at least two optical waveguides (10, 11), at least one laser beam (16) is directed towards said optical waveguides. According to the invention, in order to influence the power density profile on the optical waveguides to be spliced, the position of a point of impact (28) of the, or each, laser beam on the optical waveguides is periodically changed in the longitudinal direction of the optical waveguide (10, 11) to be spliced.

(57) Zusammenfassung: Mindestens ein Laserstrahl (16) wird zum thermischen Spleissen von mindestens zwei Lichtwellenleitern (10, 11) auf die Lichtwellenleiter gelenkt. Erfindungsgemäss wird zur Beeinflussung des Leistungsdichteprofiles auf den zu verspleissenden Lichtwellenleitern die Position eines Auftreffpunkts (28) des oder jeden Laserstrahls auf die Lichtwellenleiter in Längsrichtung der zu verspleissenden Lichtwellenleiter (10, 11) periodisch verändert.



eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

5

Verfahren und Vorrichtung
zum Spleissen von Lichtwellenleitern

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Spleißen von Lichtwellenleitern gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum Spleißen von Lichtwellenleitern gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 8.

15

20

Die Erfindung betrifft das thermische Spleißen von Lichtwellenleitern. Heutige Spleißgeräte benutzen in der Regel eine elektrische Glimmentladung als Energiequelle für den Spleißvorgang. Während des Spleißvorgangs befinden sich die zu verspleißenden Lichtwellenleiter in einer Einflusszone dieser Glimmentladung und werden dadurch auf Schmelztemperatur erwärmt. Für die Qualität der erreichten Spleißverbindung sind, neben anderen Parametern, sowohl die Intensität der Erwärmung der Lichtwellenleiter als auch die Größe der Erwärmungszone von Bedeutung. Diese beiden Parameter können jedoch bei auf dem Prinzip der Glimmentladung beruhenden Spleißgeräten nicht unabhängig voneinander gesteuert werden. Als wesentliche Steuerparameter stehen nämlich bei diesen Spleißgeräten der Strom, mit dem die Glimmentladung betrieben wird, und der Abstand der Spleißelektroden zur Verfügung. Ein höherer Strom hat zwangsläufig eine größere Ausdehnung der Glimmentladung zur Folge. Somit vergrößert sich auch die Erwärmungszone.

25
30 Durch Variation des Elektrodenabstandes kann die Ausdehnung der Erwärmungszone nur geringfügig beeinflusst werden.

Aus dem Dokument US-A- 4,263,495 ist ein Verfahren bekannt, bei dem anstelle der Glimmentladung ein Laser als Energiequelle verwendet wird. Bei diesem Verfahren wird eine Fokussierung des Laserstrahls vorgenommen, um eine ausreichende Leistungsdichte zu erhalten. Die Ausdehnung der Erwärmungszone ist bei diesem
5 Verfahren durch die Fokussierungseinstellung vorgegeben.

Bei heutigen Spleißanwendungen ist es häufig erforderlich, zwei unterschiedliche Fasern miteinander zu verschweißen. Wenn die zu verschweißenden Fasern zum Beispiel stark unterschiedliche Modenfelddurchmesser aufweisen, kommt es - wenn man keine weiteren Maßnahmen ergreift - zu erheblichen Zusatzdämpfungen. Als
10 Gegenmaßnahme kann man bei den aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren eine relativ lange Spleißzeit verwenden, um durch Diffusion des Kernmaterials der Lichtwellenleiter eine Angleichung der Modenfelddurchmesser zu erreichen. Dadurch lässt sich zwar eine gewisse Verbesserung erzielen, diese Vorgehensweise bietet aber nicht genügend Freiheitsgrade, um optimale Ergebnisse
15 zu erreichen. Um einen optimalen Spleißprozess zu gewährleisten, muss die Form der Erwärmungszone bzw. das Temperaturprofil entlang der Lichtwellenleiterachse, unabhängig von der aufgebrachten Wärmeleistung völlig frei wählbar sein. Dies ist beim Stand der Technik nicht möglich.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, ein
20 neuartiges Verfahren zum Spleißen von Lichtwellenleitern zu schaffen, das es ermöglicht, das Leistungsdichteprofil der Lichtwellenleitererwärmung beliebig zu beeinflussen und damit optimal an die Anforderungen anzupassen. Weiterhin soll eine entsprechende Vorrichtung bereitgestellt werden.

Dieses Problem wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und
25 durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 7 gelöst.

Mit Hilfe der Erfindung lassen sich beim Spleißen die Diffusionsvorgänge in den Lichtwellenleitern gezielt steuern. Somit wird ein optimaler Spleißprozess mit Dämpfungswerten nahe des theoretisch erreichbaren Minimums ermöglicht.

5

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung. Ausführungsbeispiele werden anhand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

10 Fig. 1 eine Prinzipskizze zur Verdeutlichung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 Kurven zur Verdeutlichung der Bewegung eines Laserstrahl-
Aufreffpunkts auf zu verspleißenden Lichtwellenleitern und Kurven zur
15 Verdeutlichung des sich auf den zu verspleißenden Lichtwellenleitern
einstellenden Leistungsdichteprofiles der Lichtwellenleitererwärmung,

Fig. 3 eine Kurve zur Verdeutlichung der Bewegung eines Laserstrahl-
Aufreffpunkts mit mehreren Kurven zur Verdeutlichung der Steuerung
20 der Laserleistung und Kurven zur Verdeutlichung des sich auf den zu
verspleißenden Lichtwellenleitern einstellenden Leistungsdichteprofiles
der Lichtwellenleitererwärmung,

Fig. 4 ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, und
25

Fig. 5 einen Auftreffpunkt eines Laserstrahls auf zwei miteinander zu
verspleißende Lichtwellenleiter in Draufsicht.

Zunächst wird unter Bezugnahme auf Figuren 4 und 1 der Aufbau der
30 erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Spleißen von Lichtwellenleitern erläutert.
Gemäß Figur 4 sind zwei miteinander zu verspleißende Lichtwellenleiter 10, 11
auf Positionierelementen 12, 13, 14 angeordnet, die eine räumliche Ausrichtung

der Lichtwellenleiter 10, 11 in drei jeweils senkrecht zueinander verlaufenden Achsen ermöglichen. Der Lichtwellenleiter 11 ist auf den Positionierelementen 13, 14 angeordnet, die den Lichtwellenleiter 11 in einer in etwa horizontal verlaufenden, von der x-Achse sowie z-Achse aufgespannten Ebene verschieben können. Der andere Lichtwellenleiter 10 ist auf dem Positionierelement 12 angeordnet. Über das Positionierelement 12 ist der Lichtwellenleiter 10 in der y-Achse verschiebbar, die senkrecht zu der x-Achse und z-Achse verläuft. Hierdurch lassen sich die miteinander zu verspleißenden Lichtwellenleiter 10, 11 für den Spleißvorgang exakt zueinander ausrichten.

Als Energiequelle für den Spleißvorgang ist ein Laser 15 vorgesehen, der einen Laserstrahl 16 ausstrahlt. Der Laserstrahl 16 trifft auf einen Spiegel 17 und wird so in Richtung auf die zu verspleißenden Lichtwellenleiter 10, 11 gelenkt. An Stelle des Spiegels 17 können auch andere bewegliche optische Komponenten verwendet werden. Es kommen nicht-rotationssymmetrische optische Bauteile, wie zum Beispiel transparente Prismen oder Quader, in Betracht.

Zur Fokussierung des Laserstrahls 16 ist eine Linse 18 vorgesehen, die im Strahlengang des Laserstrahls entweder dem Spiegel 17 nachgeordnet (Figur 4) oder dem Spiegel vorgeordnet ist (Figur 1). Als Laser 15 kommt vorzugsweise ein CO₂-Laser zum Einsatz.

Die Position der miteinander zu verspleißenden Lichtwellenleiter 10, 11 und der Spleißvorgang werden von Kameras 19, 20 überwacht. Die Kameras 19, 20 leiten die ermittelten Signale an eine Erfassungseinrichtung 21 weiter, welche die Signale auswertet und an eine Zentralsteuereinrichtung 22 weiterleitet. Die Zentralsteuereinrichtung 22 ist ihrerseits mit einer Bedien- und Anzeigeeinrichtung 23 verbunden, damit der Benutzer den Spleißvorgang überwachen und durch Eingabe von Steuerbefehlen bzw. Spleißparametern ggf. beeinflussen kann.

Die Zentralsteuereinrichtung 22 dient der Steuerung bzw. Regelung des gesamten Spleißvorgangs. Sie verarbeitet die von der Erfassungseinrichtung 21 weitergeleiteten Daten. Ist zum Beispiel eine Veränderung der räumlichen Ausrichtung der miteinander zu verspleißenden Lichtwellenleiter 10, 11 erforderlich, so gibt die Zentralsteuereinrichtung 22 Steuersignale an eine Lagesteuereinrichtung 24 weiter, die mit allen drei Positionierelementen 12, 13, 14 verschaltet ist. Hierdurch erfolgt dann eine Veränderung der räumlichen Ausrichtung der miteinander zu verspleißenden Lichtwellenleiter 10, 11.

10 Zur Gewährleistung eines optimalen Spleißprozesses muss das Temperaturprofil bzw. das Leistungsdichteprofil entlang der Achse der Lichtwellenleiter 10, 11, unabhängig von der aufgebrachten Leistung des Lasers 15 völlig frei wählbar sein. Hierzu ist dem Spiegel 17 eine Antriebseinrichtung 25 zugeordnet, mit Hilfe derer der Spiegel 17 in seiner
15 Position verändert werden kann. Gemäß Figuren 1 und 4 ist der Spiegel 17 schwenkbar. Zur Steuerung der Schwenkbewegung des Spiegels 17 ist der Antriebseinrichtung 25 eine Antriebsteuerungseinrichtung 26 zugeordnet. Die Antriebsteuerungseinrichtung 26 ist mit der Zentralsteuereinrichtung 22 verschaltet. Weiterhin ist eine Lasersteuereinrichtung 27 vorhanden, mit Hilfe
20 derer die Leistung des Lasers 15 beeinflusst werden kann. Die Lasersteuereinrichtung 27 ist einerseits mit der Zentralsteuereinrichtung 22 und andererseits mit dem Laser 15 verschaltet.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Spleißen der Lichtwellenleiter 10, 11
25 wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen 1 bis 3 in größerem Detail beschrieben:

Erfindungsgemäß wird ein Auftreffpunkt 28 des Laserstrahls 16 auf die zu verspleißenden Lichtwellenleiter 10, 11 in Längsrichtung der zu verspleißenden
30 Lichtwellenleiter 10, 11 verändert. Dies ist insbesondere in Figur 1 verdeutlicht. Der Auftreffpunkt 28 wird dabei in einem vorbestimmten Bereich 29 um eine Spleißstelle 30 der zu verspleißenden Lichtwellenleiter 10, 11 herum

verschoben. Vorzugsweise wird der Auftreffpunkt 28 in dem vorbestimmten Bereich 29 periodisch verschoben, wobei eine Frequenz für das Verschieben des Auftreffpunkts 28 auf den zu verspleißenden Lichtwellenleiter 10, 11 derart bemessen ist, dass eine Periodendauer für das Verschieben des Auftreffpunkts 28 wesentlich kürzer ist als die thermische Zeitkonstante der zu verspleißenden Lichtwellenleiter 10, 11.

In diesem Zusammenhang ist von Bedeutung, dass die Fokussierung des Laserstrahls 16 derart erfolgt, dass sich ein relativ schmaler Auftreffpunkt 28 und damit eine relativ schmale Erhitzungszone auf den Lichtwellenleitern 10, 11 einstellt. Der Auftreffpunkt 28 darf nicht breiter als die kleinste zum Spleißen zweckmäßige Erhitzungszone sein. Eine zweckmäßige Breite des Auftreffpunkts 28 liegt zwischen $20\mu\text{m}$ und $100\mu\text{m}$. Weiterhin erfolgt die Fokussierung vorzugsweise derart, dass sich in der Lichtwellenleiterebene ein länglicher Auftreffpunkt 28 ergibt, der quer zur Achse der Lichtwellenleiter 10, 11 eine größere Ausdehnung als längs zur Achse aufweist (siehe Figur 5). Anstelle eines runden Auftreffpunkts 28 ergibt sich so beispielsweise ein linienförmiger oder elliptischer Auftreffpunkt 28. Hierdurch wird eine übermäßige lokale Erwärmung der Lichtwellenleiter 10, 11 vermieden. Weiterhin können Toleranzen zwischen der Position der Lichtwellenleiter 10, 11 und der Lage des Auftreffpunkts 28 ausgeglichen werden. Die gewünschte Form des Auftreffpunkts 28 kann durch Verwendung von Zylinderlinsen oder entsprechende Linsenkombinationen erreicht werden. Die optimale Breite des Auftreffpunkts 28 ergibt sich aus den o.g. Forderungen bezüglich der Breite der Erwärmungszone. Die Höhe des Auftreffpunkts 28 sollte so gewählt werden, dass die zu erwartenden mechanischen Toleranzen sicher abgedeckt werden, d.h. es muss vermieden werden, dass die Lichtwellenleiter 10, 11 am Rand des Auftreffpunkts 28 oder gar außerhalb liegen.

Wie bereits erwähnt, erfolgt die Bewegung des Spiegels 17 periodisch und mit einer Periodendauer, die weit kürzer ist als die thermische Zeitkonstante der Faser. Dadurch wird sichergestellt, dass die Lichtwellenleiter im gesamten

Bewegungsbereich des Auftreffpunktes quasi gleichzeitig erwärmt wird. Eine bevorzugte Frequenz für die Bewegung des Spiegels 17 liegt zwischen 50Hz und 500Hz. Zur Steuerung des Leistungsdichteprofiles wird die Bewegung des Spiegels 17 bzw. des Auftreffpunkts 28 und/oder die Leistung des Lasers 15
5 bzw. des Laserstrahls 16 moduliert.

Zur Modulation der Bewegung bzw. der Geschwindigkeit der Bewegung des Spiegels 17 bzw. des Auftreffpunkts 28 wird die Antriebseinrichtung 25 des Spiegels 17 mit einer Kurvenform angesteuert, die für das gewünschte
10 Erwärmungsprofil bzw. Leistungsdichteprofil sorgt. Die Leistung des Lasers 15 wird dabei vorzugsweise konstant gehalten. In Bereichen mit langsamer Bewegung des Spiegels 17 wirkt im Mittel ein höherer Anteil der Laserleistung als in Bereichen mit schneller Bewegung desselben. Daher werden in diesen Bereichen die Lichtwellenleiter stärker erwärmt. Figur 2 zeigt dies anhand von
15 drei Beispielen. Bei einer sinusförmigen Bewegung Ω des Spiegels 17 über der Zeit T gemäß Kurve 31 ist bei konstanter Leistung des Lasers 15 die Leistungsdichte an den Rändern der Bewegung im Bereich 29 am größten, weil dort wegen der Umkehr der Bewegungsrichtung die Bewegung des Spiegels 17 am langsamsten ist. Als Intensitätsprofil I der mittleren Laserleistung ergibt sich
20 die in der Kurve 32 dargestellte „Badewannenkurve“. Das zweite Beispiel zeigt in der Kurve 33 eine dreiecksförmige Bewegung Ω des Spiegels 17. Dies führt bei wiederum konstanter Leistung des Lasers 15 zu einem gleichmäßigen Intensitätsprofil I über der Achse der miteinander zu verspleißenden Lichtwellenleiter 10, 11 - siehe Kurve 34 in Figur 2. Im dritten Beispiel - siehe
25 Kurven 35 und 36 - ist gezeigt, wie durch eine entsprechende Modulation der Spiegelbewegung Ω ein willkürlich gewähltes Intensitätsprofil I erreicht wird. Ein linker Lichtwellenleiter wird hier deutlich stärker erwärmt als der rechte Lichtwellenleiter, weil in diesem Bereich die Spiegelbewegung langsamer ist. Ein solches unsymmetrisches Intensitätsprofil I ist insbesondere dann
30 vorteilhaft, wenn die beiden miteinander zu verspleißenden Lichtwellenleiter 10, 11 unterschiedliche Eigenschaften, z.B. stark unterschiedliche Außendurchmesser, aufweisen. Zur Modulation der Bewegung des

Auftreffpunkts 38 wird demnach bei einer vorgegebenen konstanten Frequenz für das Verschieben des Auftreffpunkts 38 ein Kurvenverlauf der Bewegung des Auftreffpunkts 38 bzw. des Spiegels 17 verändert.

- 5 Zur Modulation der Intensität des Laserstrahls 16 wird die Leistung L des Lasers 15 verändert. Die Modulation des Lasers 15 erfolgt hierbei synchron zur Bewegung Ω des Spiegels. Die Antriebseinrichtung 25 des Spiegels 17 wird mit einer konstanten Kurvenform (z.B. Sinus) und der oben genannten Grundfrequenz betrieben. Die Leistung L des Lasers 15 wird synchron dazu
- 10 gesteuert bzw. geregelt, so dass sich das gewünschte Leistungsdichteprofil I ergibt. Figur 3 zeigt hierzu wieder drei Beispiele. Der Spiegel 17 wird in diesen Beispielen gemäß Kurven 31 sinusförmig bewegt, da dies technisch am einfachsten zu realisieren ist. In den Beispielen gemäß Figur 3 werden die gleichen Leistungsdichteprofile 32, 34, 36 realisiert wie in den Beispielen
- 15 gemäß Figur 2. Bei konstanter Laserleistung L - Kurve 37 - ergibt sich für das Leistungsdichteprofil I wieder die o.g. „Badewannenkurve“. Im zweiten Beispiel wird die Laserleistung L gemäß Kurve 38 so moduliert, dass sie gerade die Geschwindigkeitsunterschiede der Bewegung Ω des Spiegels 17 kompensiert. Hierdurch ergibt sich wieder ein konstantes Leistungsdichteprofil I . Im dritten
- 20 Beispiel ist dies genauso, jedoch wird zusätzlich im linken Teil der Spiegelbewegung eine höhere Laserleistung L - Kurve 39 - gewählt als im rechten Teil. Dadurch wird der linke Lichtwellenleiter stärker erwärmt als die rechte Lichtwellenleiter.
- 25 Durch die gezeigte Anordnung ist es demnach möglich, das Leistungsdichteprofil I der auf die Lichtwellenleiter 10, 11 auftreffenden Laserstrahlung nahezu beliebig zu steuern. Dadurch kann das Temperaturprofil während des Spleißvorgangs so eingestellt werden, wie dies für optimale Dämpfung erforderlich ist. So wird ein optimaler Spleißprozess mit geringst
- 30 möglichen Dämpfungswerten erreicht. Die Steuerung des Temperaturprofils über die Modulation der Intensität des Laserstrahls bietet gegenüber der Steuerung über die Kurvenform der Bewegung den Vorteil, dass an die

Antriebseinrichtung 25 des Spiegels 17 sehr viel geringere Anforderungen gestellt werden können. So ist beispielsweise eine dreieckförmige Spiegelbewegung gemäß Kurve 33 technisch schwierig und nur näherungsweise realisierbar.

5

Es wird demzufolge entweder die Kurvenform der Spiegelbewegung Ω oder die Laserleistung L moduliert. Selbstverständlich kann auch beides miteinander kombiniert werden.

- 10 Die Bewegung des Laserstrahls 16 wird in den gezeigten Beispielen mit einem periodisch bewegten Spiegel 17 - einem sogenannten Galvanometerscanner - bewerkstelligt. Stattdessen kann auch ein Polygonscanner verwendet werden. Dabei handelt es sich um einen rotierenden Spiegel mit mehreren, regelmäßig angeordneten Spiegelflächen (z.B. Seitenkanten eines Sechsecks). Dieses
- 15 ermöglicht eine hohe Geschwindigkeit der Bewegung des Laserstrahls 16, da keine Bewegungsumkehr erforderlich ist. In diesem Fall kann dann die Steuerung des Intensitätsprofils I vorzugsweise über die Modulation der Laserleistung L bewerkstelligt werden.

- 20 Das erfindungsgemäße Verfahren kann in gleicher Weise auch zum gleichzeitigen Spleißen mehrerer zu einem Bündchen zusammengefasster Lichtwellenleiter (sogenannte ribbon) verwendet werden. In diesem Fall ist der Leuchtfleck so gestaltet, dass derselbe die Breite des gesamten Bündchens abdeckt. Hierzu gibt es zwei Möglichkeiten: Nach einer ersten Möglichkeit wird
- 25 ein zusätzliches Hin -und Herbewegen des Laserstrahls quer zur Achse der Lichtwellenleiter durchgeführt. Hierzu ist im einfachsten Fall ein zweiter beweglicher Spiegel, vorzugsweise ein Polygonscanner, vorgesehen. Dadurch kann die Bewegungsfrequenz für eine zweite Bewegungsachse sehr viel höher gewählt werden als für eine erste Achse. Dadurch wird vermieden, dass die
- 30 Überlagerung der beiden Bewegungen zu einer unerwünscht ungleichförmigen Wärmeverteilung führt. Nach einer zweiten Möglichkeit wird der Laserstrahl durch eine oder mehrere Zylinderlinsen zu einer Linie aufgeweitet. Der

hierdurch erzeugte linienförmige Leuchtfleck muss dann quer zur Faserachse so groß sein, dass im gesamten Bändchen alle Verbindungsstellen gleichmäßig erwärmt werden.

- 5 Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich auch besonders gut zum Spleißen von Lichtwellenleitern mit unterschiedlichen Eigenschaften, insbesondere unterschiedlichen Außendurchmessern. In diesem Fall ist die Anwendung eines unsymmetrischen Intensitätsprofils I gemäß Kurve 36 besonderes vorteilhaft.

10

Das erfindungsgemäße Verfahren kann auch zum Spleißen von Lichtwellenleitern an optische Bauteile („Chips“, z.B. Wellenlängenmultiplexer, Koppler etc.) verwendet werden.

- 15 Beim Spleißen von Lichtwellenleitern an optische Bauteile ist sozusagen einer der zu verspleißenden Lichtwellenleiter ein Lichtwellenleiter im optischen Bauteil. Da dieser eine wesentlich größere Wärmekapazität und Wärmeableitung aufweist als der andere Lichtwellenleiter, ist in diesem Fall die Anwendung eines unsymmetrischen Intensitätsprofils I gemäß Kurve 36 von
20 besonderem Interesse. Daher bietet das erfindungsgemäße Verfahren hier besondere Vorteile.

- Es ist grundsätzlich möglich, anstelle eines Laserstrahls auch mehrere Laserstrahlen zu verwenden. Hierzu kann beispielsweise der Laserstrahl mittels
25 eines Strahlteilers in zwei Teilstrahlen aufgeteilt werden, die beide auf die Lichtwellenleiter gelenkt werden. In diesem Fall kann die Erfindung in gleicher Weise angewendet werden.

Bezugszeichenliste

	10	Lichtwellenleiter
	11	Lichtwellenleiter
5	12	Positionierelement
	13	Positionierelement
	14	Positionierelement
	15	Laser
	16	Laserstrahl
10	17	Spiegel
	18	Linse
	19	Kamera
	20	Kamera
	21	Erfassungseinrichtung
15	22	Zentralsteuereinrichtung
	23	Bedien- und Anzeigereinrichtung
	24	Lagesteuereinrichtung
	25	Antriebseinrichtung
	26	Antriebssteuereinrichtung
20	27	Lasersteuereinrichtung
	28	Auftreffpunkt
	29	Bereich
	30	Spleißstelle
	31	Kurve
25	32	Kurve
	33	Kurve
	34	Kurve
	35	Kurve
	36	Kurve
30	37	Kurve
	38	Kurve
	39	Kurve

Patentansprüche

1. Verfahren zum Spleißen von Lichtwellenleitern, wobei mindestens ein Laserstrahl (16) zum thermischen Spleißen von mindestens zwei
5 Lichtwellenleitern (10, 11) auf die Lichtwellenleiter (10, 11) gelenkt wird, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Beeinflussung des Leistungsdichteprofils auf den zu verspleißenden Lichtwellenleitern (10, 11) eine Position eines Auftreffpunktes (28) des oder jeden Laserstrahls (16) auf die Lichtwellenleiter (10, 11) in Längsrichtung der zu verspleißenden Lichtwellenleiter (10, 11) verändert wird, wobei der
10 Auftreffpunkt (28) in einem vorbestimmten Bereich (29) um eine Spleißstelle (30) der zu verspleißenden Lichtwellenleiter (10, 11) herum periodisch verschoben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Frequenz für das Verschieben des Auftreffpunktes (28) auf den zu verspleißenden
15 Lichtwellenleiter (10, 11) derart bemessen wird, daß eine Periodendauer für das Verschieben des Auftreffpunktes (28) kürzer ist als die thermische Zeitkonstante der zu verspleißenden Lichtwellenleiter (10, 11).
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Bereitstellung eines optimierten Leistungsdichteprofils auf den zu
20 verspleißenden Lichtwellenleitern (10) die Bewegung des Auftreffpunktes (28) und/oder die Intensität des Laserstrahls (16) moduliert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Modulation der Bewegung des Auftreffpunkts (28) bei einer vorgegebenen Frequenz für das Verschieben des Auftreffpunkts (28) ein Kurvenverlauf bzw. die
- 5 Geschwindigkeit der Bewegung des Auftreffpunkts (28) verändert wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Modulation der Intensität des Laserstrahls (16) die Leistung des Lasers (15) verändert wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet,**
- 10 **daß** die Modulation der Intensität des Laserstrahls (16) synchron mit der Modulation der Bewegung des Auftreffpunkts (28) erfolgt.
7. Vorrichtung zum Spleißen von Lichtwellenleitern mit einem Laser (15) zum thermischen Spleißen von mindestens zwei Lichtwellenleitern (10, 11), mit mindestens einer Linse (18) zum Fokussieren mindestens eines von dem Laser
- 15 (15) ausgestrahlten Laserstrahls (16) und mit mindestens einer optischen Komponente, insbesondere einem Spiegel (17), um den oder jeden Laserstrahl (16) auf die zu spleißenden Lichtwellenleiter (10, 11) zu richten, **gekennzeichnet durch** eine Antriebseinrichtung (25) für die oder jede optische Komponente, insbesondere den oder jeden Spiegel (17), wobei mit Hilfe der Antriebseinrichtung
- 20 (25) die oder jede optische Komponente derart bewegbar ist, daß eine Position eines Auftreffpunktes (28) des oder jeden Laserstrahls (16) auf die zu verspleißenden Lichtwellenleiter (10, 11) in Längsrichtung derselben periodisch verschiebbar ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Antriebseinrichtung (25) für die oder jede bewegliche optische Komponente, insbesondere für den oder jeden Spiegel (17), eine Antriebsteuerungseinrichtung
- 5 (26) zur Beeinflussung eines Kurvenverlaufs bzw. einer Geschwindigkeit der Bewegung des Auftreffpunkts (28) zugeordnet ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** dem Laser (15) eine Lasersteuereinrichtung (27) zur Modulation der Intensität des Laserstrahls (16) zugeordnet ist.
- 10 10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Antriebsteuerungseinrichtung (26) und die Lasersteuereinrichtung (27) an einer Zentralsteuereinrichtung (22) angeschlossen sind.

FIG 1

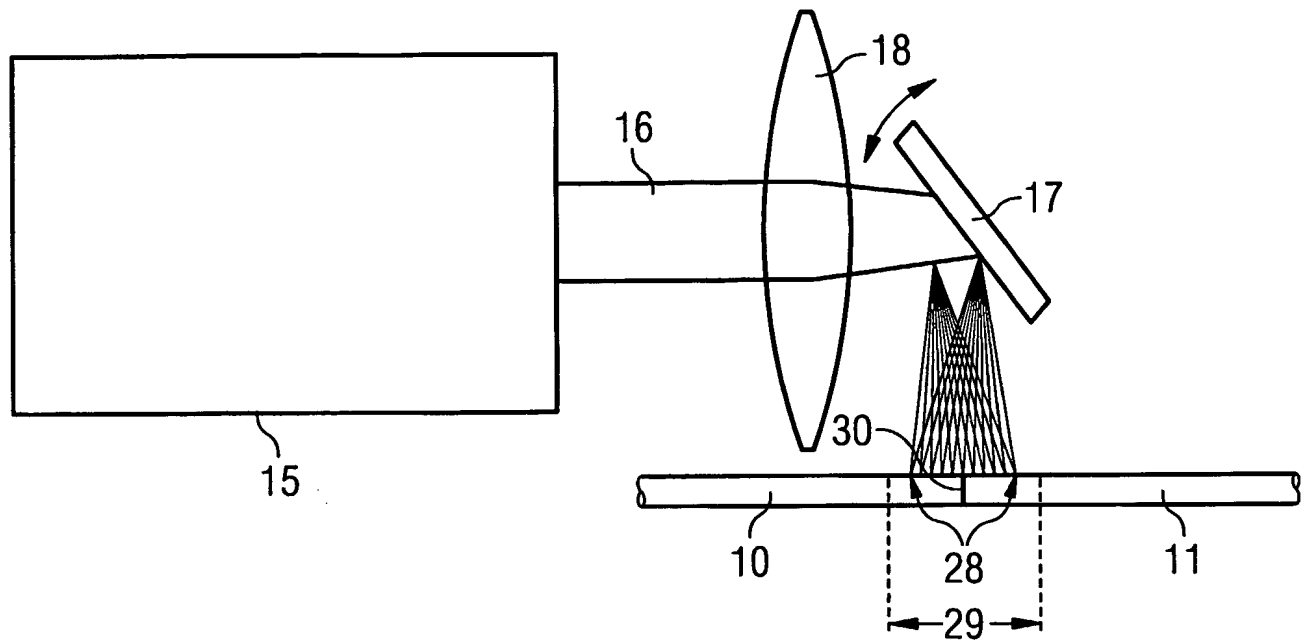


FIG 5

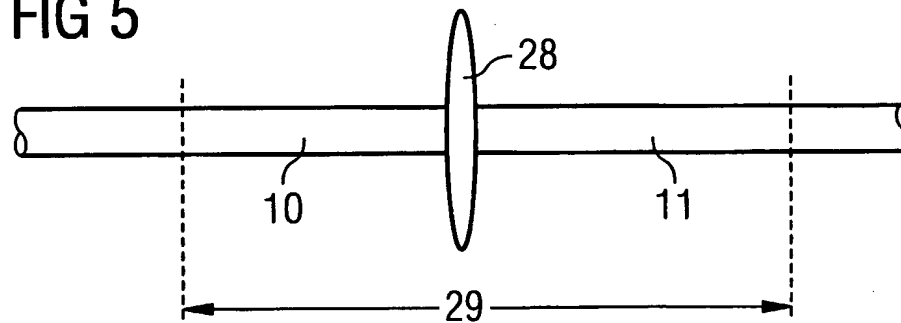


FIG 2

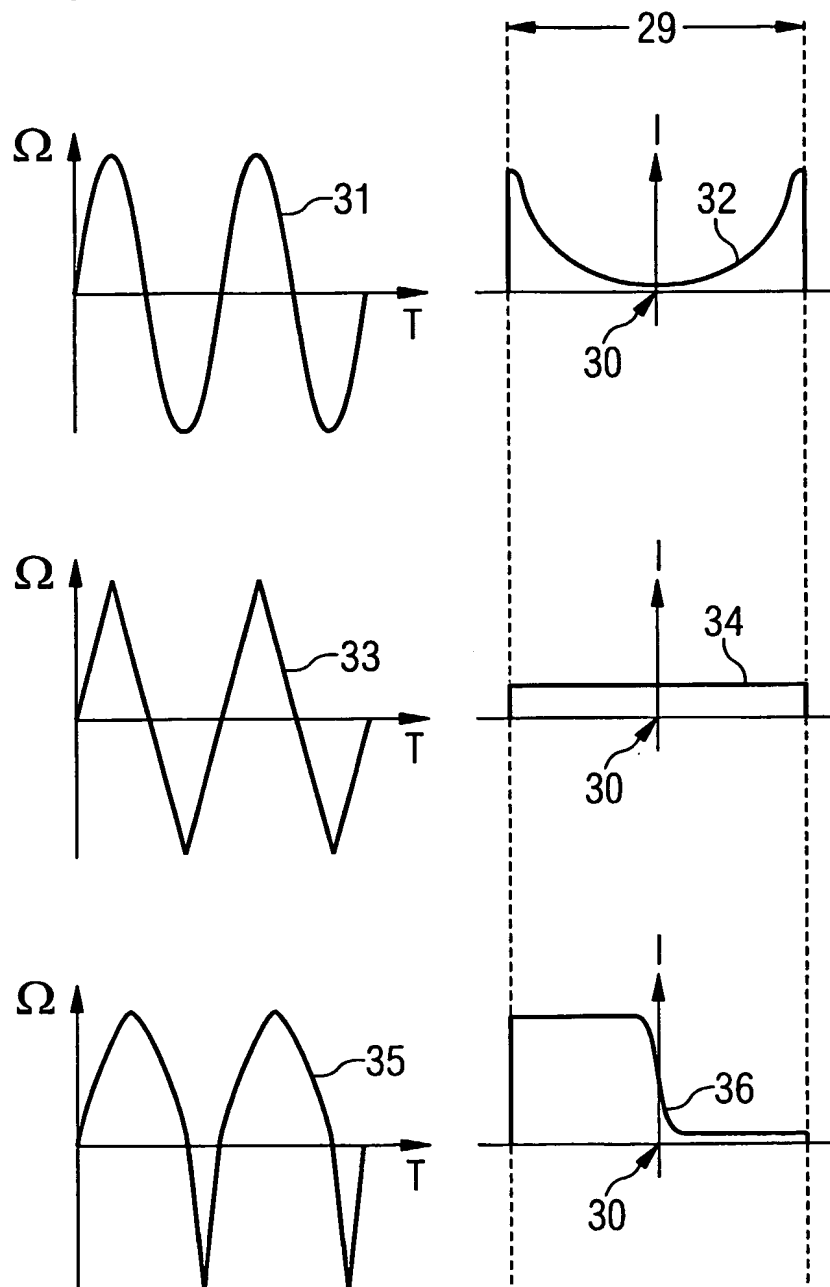


FIG 3

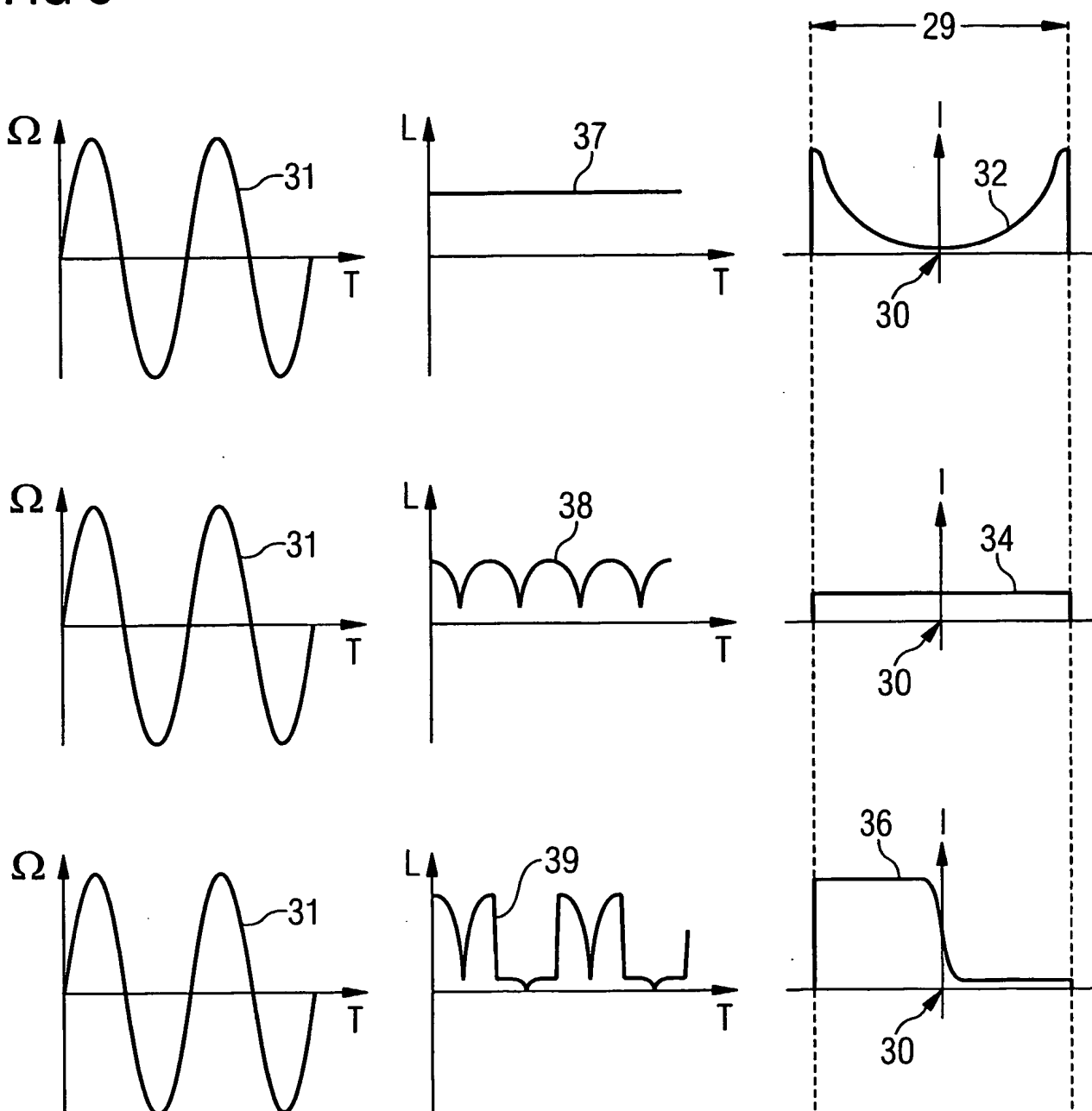
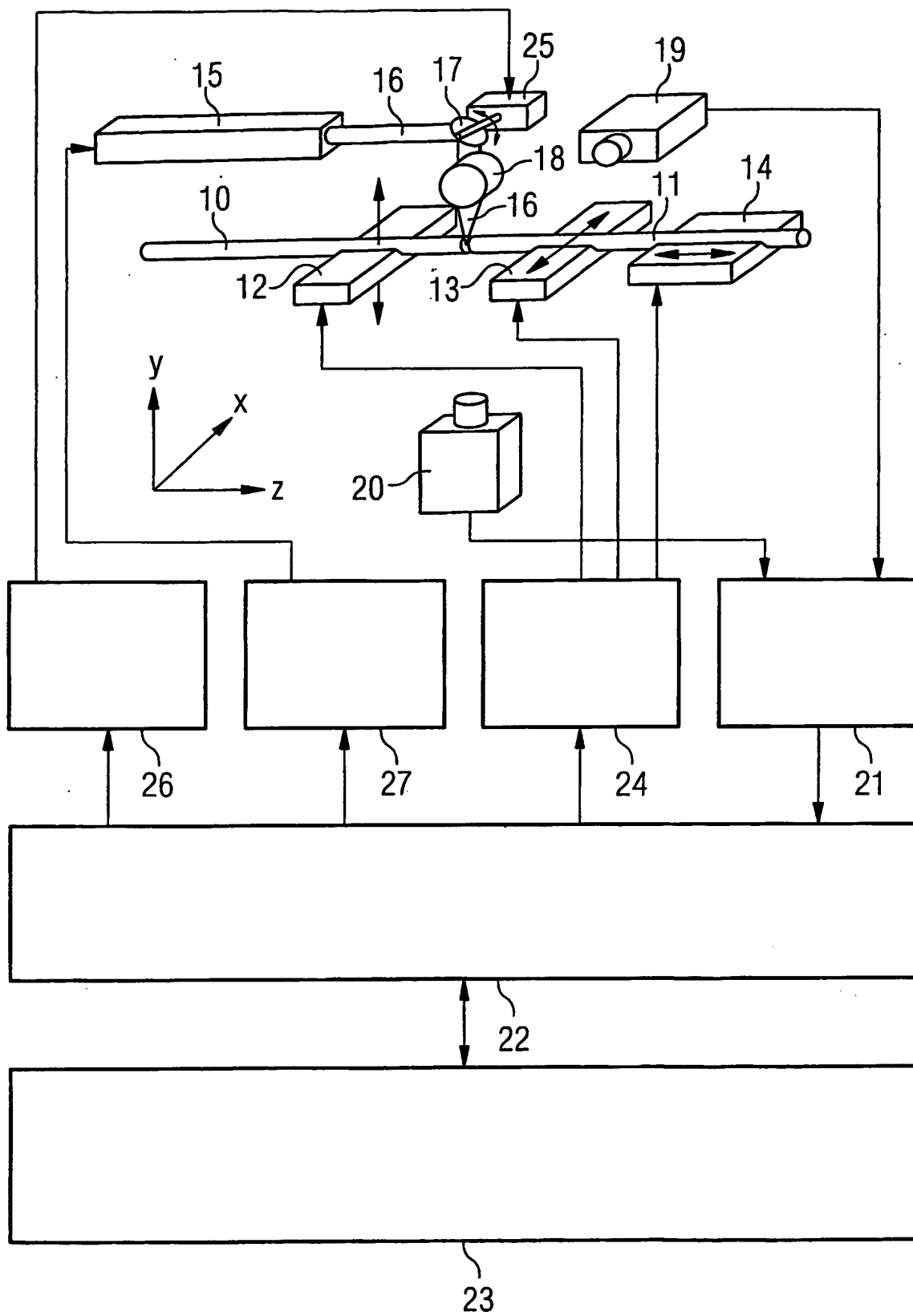


FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern Application No

PCT/DE 03/00949

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G02B6/255

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G02B 823K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	EP 0 505 044 A (HUGHES AIRCRAFT CO) 23 September 1992 (1992-09-23) abstract column 2, paragraph 2 -column 3, paragraph 2 column 6, last paragraph -column 7, last paragraph figures 2,3 ---	1,2 7,8
X A	EP 0 234 325 A (ALLIED CORP) 2 September 1987 (1987-09-02) abstract page 5, last paragraph -page 6, paragraph 1 figures 4,5A --- -/--	1,2 7

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *8* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 August 2003

Date of mailing of the international search report

04/09/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Moroz, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat Application No

PCT/DE 03/00949

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 423 994 B (HUGHES AIRCRAFT CO) 24 April 1991 (1991-04-24) column 2, line 37 -column 3, line 13 column 4, paragraph 2 -column 5, paragraph 1 figures 1,2 ---	1-8
A	EP 1 174 740 A (CORNING INC) 23 January 2002 (2002-01-23) abstract paragraphs '0013!', '0019! paragraphs '0023!'-'0031! figures 2,4B,5 ---	3,5-7,9, 10
A	EP 1 136 855 A (CORNING INC) 26 September 2001 (2001-09-26) abstract paragraph '0016! - paragraph '0025! figures 2,3 ---	3,5-7,9, 10
A	EP 0 895 103 A (NAUCHNY TS VOLOKONNOI OPTIKI P) 3 February 1999 (1999-02-03) abstract paragraph '0021! paragraphs '0044!', '0048! figures 1,3,7 ---	1-7,9,10
A	WO 01 74527 A (CORNING INC) 11 October 2001 (2001-10-11) abstract page 2, paragraph 4 -page 3, paragraph 1 page 6, paragraph 4 -page 7, paragraph 1 page 11, paragraph 3 -page 12, paragraph 1 figure 1 -----	1-7,9,10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Intern. Application No.

PCT/DE 03/00949

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0505044	A	23-09-1992	US 5161207 A AU 629765 B1 CA 2060004 A1 EP 0505044 A2 IL 100880 A JP 5072435 A KR 9614127 B1 NO 920847 A TR 26885 A	03-11-1992 08-10-1992 19-09-1992 23-09-1992 07-10-1994 26-03-1993 14-10-1996 21-09-1992 22-08-1994
EP 0234325	A	02-09-1987	AU 6914787 A EP 0234325 A2 JP 62223709 A	27-08-1987 02-09-1987 01-10-1987
EP 0423994	B	24-04-1991	US 5016971 A CA 2024722 A1 DE 69008299 D1 DE 69008299 T2 EP 0423994 A1 ES 2051478 T3 IL 95625 A JP 5030810 U JP 3146910 A KR 9407340 Y1 NO 904315 A TR 25431 A	21-05-1991 21-04-1991 26-05-1994 04-08-1994 24-04-1991 16-06-1994 31-01-1993 23-04-1993 21-06-1991 19-10-1994 22-04-1991 01-03-1993
EP 1174740	A	23-01-2002	EP 1174740 A1	23-01-2002
EP 1136855	A	26-09-2001	EP 1136855 A1 AU 4729301 A WO 0171390 A2 US 2002015568 A1	26-09-2001 03-10-2001 27-09-2001 07-02-2002
EP 0895103	A	03-02-1999	RU 2104568 C1 RU 2113001 C1 RU 2112756 C1 AU 707445 B2 AU 4404897 A DE 895103 T1 EP 0895103 A1 JP 11505040 T JP 3325901 B2 US 6125225 A CA 2242842 A1 CN 1212056 A , B ES 2133251 T1 JP 2001348241 A WO 9828643 A1	10-02-1998 10-06-1998 10-06-1998 08-07-1999 17-07-1998 22-07-1999 03-02-1999 11-05-1999 17-09-2002 26-09-2000 02-07-1998 24-03-1999 16-09-1999 18-12-2001 02-07-1998
WO 0174527	A	11-10-2001	AU 3809001 A WO 0174527 A1	15-10-2001 11-10-2001

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/00949

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G02B6/255

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G02B B23K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X A	EP 0 505 044 A (HUGHES AIRCRAFT CO) 23. September 1992 (1992-09-23) Zusammenfassung Spalte 2, Absatz 2 - Spalte 3, Absatz 2 Spalte 6, letzter Absatz - Spalte 7, letzter Absatz Abbildungen 2,3 ---	1,2 7,8
X A	EP 0 234 325 A (ALLIED CORP) 2. September 1987 (1987-09-02) Zusammenfassung Seite 5, letzter Absatz - Seite 6, Absatz 1 Abbildungen 4,5A --- -/--	1,2 7

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

28. August 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

04/09/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Moroz, A

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 423 994 B (HUGHES AIRCRAFT CO) 24. April 1991 (1991-04-24) Spalte 2, Zeile 37 -Spalte 3, Zeile 13 Spalte 4, Absatz 2 -Spalte 5, Absatz 1 Abbildungen 1,2 ---	1-8
A	EP 1 174 740 A (CORNING INC) 23. Januar 2002 (2002-01-23) Zusammenfassung Absätze '0013!', '0019! Absätze '0023!-'0031! Abbildungen 2,4B,5 ---	3,5-7,9, 10
A	EP 1 136 855 A (CORNING INC) 26. September 2001 (2001-09-26) Zusammenfassung Absatz '0016! - Absatz '0025! Abbildungen 2,3 ---	3,5-7,9, 10
A	EP 0 895 103 A (NAUCHNY TS VOLOKONNOI OPTIKI P) 3. Februar 1999 (1999-02-03) Zusammenfassung Absatz '0021! Absätze '0044!', '0048! Abbildungen 1,3,7 ---	1-7,9,10
A	WO 01 74527 A (CORNING INC) 11. Oktober 2001 (2001-10-11) Zusammenfassung Seite 2, Absatz 4 -Seite 3, Absatz 1 Seite 6, Absatz 4 -Seite 7, Absatz 1 Seite 11, Absatz 3 -Seite 12, Absatz 1 Abbildung 1 -----	1-7,9,10

INTERNATIONALER RESEARCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationale Aktenzeichen

PCT/DE 03/00949

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0505044	A	23-09-1992	US 5161207 A	03-11-1992
			AU 629765 B1	08-10-1992
			CA 2060004 A1	19-09-1992
			EP 0505044 A2	23-09-1992
			IL 100880 A	07-10-1994
			JP 5072435 A	26-03-1993
			KR 9614127 B1	14-10-1996
			NO 920847 A	21-09-1992
			TR 26885 A	22-08-1994
EP 0234325	A	02-09-1987	AU 6914787 A	27-08-1987
			EP 0234325 A2	02-09-1987
			JP 62223709 A	01-10-1987
EP 0423994	B	24-04-1991	US 5016971 A	21-05-1991
			CA 2024722 A1	21-04-1991
			DE 69008299 D1	26-05-1994
			DE 69008299 T2	04-08-1994
			EP 0423994 A1	24-04-1991
			ES 2051478 T3	16-06-1994
			IL 95625 A	31-01-1993
			JP 5030810 U	23-04-1993
			JP 3146910 A	21-06-1991
			KR 9407340 Y1	19-10-1994
			NO 904315 A	22-04-1991
			TR 25431 A	01-03-1993
EP 1174740	A	23-01-2002	EP 1174740 A1	23-01-2002
EP 1136855	A	26-09-2001	EP 1136855 A1	26-09-2001
			AU 4729301 A	03-10-2001
			WO 0171390 A2	27-09-2001
			US 2002015568 A1	07-02-2002
EP 0895103	A	03-02-1999	RU 2104568 C1	10-02-1998
			RU 2113001 C1	10-06-1998
			RU 2112756 C1	10-06-1998
			AU 707445 B2	08-07-1999
			AU 4404897 A	17-07-1998
			DE 895103 T1	22-07-1999
			EP 0895103 A1	03-02-1999
			JP 11505040 T	11-05-1999
			JP 3325901 B2	17-09-2002
			US 6125225 A	26-09-2000
			CA 2242842 A1	02-07-1998
			CN 1212056 A ,B	24-03-1999
			ES 2133251 T1	16-09-1999
			JP 2001348241 A	18-12-2001
			WO 9828643 A1	02-07-1998
WO 0174527	A	11-10-2001	AU 3809001 A	15-10-2001
			WO 0174527 A1	11-10-2001